解説

パーソナル内装施工ロボット

Personal Interior Finishing Work Robot

吉 灘 裕* *コマツ研究本部

Hiroshi Yoshinada* *KOMATSU Research Division

1. はじめに

建設ロボットは、建設業の生産性向上を図り、また慢性的な労働力不足を解決する有効な手段の一つと考えられている。しかし、これまでに開発されたシステムは、大掛かりで高価なものが多く、実際の作業に当たる中小の専門工事業者が購入できるものは極めて少ない。筆者らは中小企業事業団の委託を受け、平成6年度から3年間をかけて、内装石膏ボード工事を対象とした低コストな省力化施工システムの開発に取り組んできた。本稿では、開発したシステムのなかから、石膏ボード工事用のパーソナル内装施工ロボットを紹介する。

2. 石膏ボード張り作業

内装工事において、壁や天井への耐火石膏ボードの取付作業は、不自然な姿勢での重量物把持を長時間強いられる重労働である。「石膏ボード張り」と呼ばれるこの工事は、代表寸法として $910 \times 1,820 \times t12.5$ [mm] の石膏ボードを鉄製の下地材にビス止めする作業である。熟練工は片手と頭部や肩、膝などを使ってボードを支え、もう一方の手で電動ドライバを用いてタッピングスクリューをビス止めする。ボード重量は 13 [kg] 以上あり、連続作業に耐えられる限界に近い。さらに近年は耐火性向上のために、より大きく厚い石膏ボードが指定される傾向があり、作業の苦渋度はますます高くなっている。このため休憩を頻繁にとる必要があり、実態として 1 日 6 時間労働が限界とされている。また重量物の取扱いによる腰痛や腱鞘炎が見られ、作業員の負担低減や熟練労働者不足に対応するシステムの開発が急務とされている。

3. パーソナル内装施工ロボット

石膏ボードの施工ロボットでは、壁の下方から天井までの広い動作領域が必要だけでなく、ドアなどの狭い開口

部から容易に搬出入できるコンパクトさも求められる。この要求を実現するために、水平多関節マニピュレータとテレスコピックシリンダを組み合わせた新しいロボット構成を考案した(図1)。また低コストで信頼性の高いロボットシステムを実現するために、いたずらに自動化をねらうことは避け、単純なマニュアルマニピュレータ式を採用している。すなわち石膏ボードの搬送や保持などの重筋作業はロボットが担当し、ボードの取付調整などの技能作業は、作業者のスキルを活かして人手で行う方式である。このようなロボットのアシスタント的な性格を実現するために、開発にあたっては、特に以下の2点を課題として掲げた。

- (1) 人間と共存するために、高い安全性を有すること。
- (2) 特別な操作習熟を必要とせず、直観的操作が可能なこと。

これらの課題の解決策として、安全性については空圧アクチュエータシステムを、また直観的操作についてはハイブリッド操作方式を開発した。以下にこれらの概要を述べる。

3.1 空圧アクチュエータシステム

空圧アクチュエータシステムは、空気の圧縮性やアクチュエータの摩擦による悪影響が大きく、精密な制御が難しいため、ロボットに用いられることはまれである。しかし空気の圧縮性がもたらす柔らかさは、ロボットの安全性を実現する上で極めて効果的に作用することが期待される。また建設現場で使われるロボットは、湿度や搬送時の衝撃

図1 パーソナル内装施工ロボット

原稿受付 1997 年 12 月 25 日

キーワード: Personal Robot, Pneumatic Actuator, Man-Robot Coexistence, Interior Finishing Work

* 〒 254-0913 神奈川県平塚市万田 1200

* Hiratsuka-shi, Kanagawa

に対して頑健であることが要求されるが、この点でも空圧アクチュエータは有利である。さらに空圧アクチュエータは、通常の電動サーボモータに比べて、はるかに小型・軽量かつ低コストである。このような観点から、本ロボットでは、全自由度に空圧アクチュエータを使用した。各アクチュエータの駆動には、新たに開発したノズルフラップ式のサーボバルブを用い、マニピュレータの各関節には位置サーボを、鉛直方向の動作をつかさどるテレスコピックシリンダには、石膏ボード重量と常に釣り合う力サーボ系を構成した。制御システムを工夫することにより、実用上問題のない操作追従性を実現している [1]。また空圧システムの持つ適度なコンプライアンスにより、作業員とロボットの協調作業時に、非常に高い作業性が実現されることを確認している。

3.2 ハイブリッド操作システム

アシスタントとなるロボットの操作が複雑なものであったり、非常にデリケートな操作を要するものであつては、ロボット導入の効果はほとんど期待できない。本ロボットでは、図 2 に示すハイブリッド操作方式を取り入れて、この問題を解決している [2]。このハイブリッド操作方式は、マニピュレータの先端に設けたレバーによる「ジョイスティック操作」とロボット本体が石膏ボードに直接手をかけて動かす「ダイレクト操作」の二つの操作方式から構成されている。「ジョイスティック操作」は、石膏ボードを大きく動かす場合に適しており、一方「ダイレクト操作」は、石膏ボードの微細な位置合わせに適している。この二つの操作モードは、マニピュレータアームに加わる水平方向の外力とレバー操作量の関係から自動的に切り替わるように構成している。これにより作業者は、操作モードの切替えスイッチ等を操作する必要はなく、二つの操作モードを自然に使い分けることができる。これまでに多数の作業者を被験者とする施工実験を行っているが、簡単な取扱い説明だけで、全員がまごつくことなくロボットの操作を行っており、直観性の高さが実証されている。

図 3 にパーソナル内装施工ロボットを用いた施工の様子を示す。本ロボットは特別な段取りを必要とせず、AC100V のコンセントに接続するだけで、ただちに使用できる。ロボットの本体重量は約 115 [kg] である。ロボットの使用により、ボード 1 枚あたりに要する作業時間は、最も苦渋度の高い天井の施工の場合で、従来の方法に対し約 19% の短縮が図られた。これまでの手作業に比べ、筋肉疲労が大幅に低減されるため、連続作業では、より一層の作業性の向上が期待できる。

4. お わ り に

以上、内装石膏ボード張り作業用のパーソナル施工ロボットの概要を紹介した。本文で紹介したロボットは試作

図 2 ハイブリッド操作方式

図 3 施工状況

機であるが、現在、施工実験や展示会等での評価結果をフィードバックした、より軽量でコンパクトな市販機の開発を進めている。近日中に販売開始の予定だが、販売値はこれまでの建設用ロボットに比較して大幅な低価格を設定しており、普及促進にはずみがつくことを期待している。

なお、本ロボットの研究開発は、(株)竹中工務店殿、(社)全国建設室内工事業協会殿、(社)石膏ボード工業会殿との協力により進められたものである。研究開発期間を通して、常に多大なご助力と貴重なご助言を賜った。誌上を借りてあらためてお礼申し上げます。

参 考 文 献

- [1] 吉瀬, 沢野, 高橋, 室, 星野, 袴塚, 飯地: “内装ボード施工ロボットの開発”, ROBOMEC'96 講演論文集 (vol.B), pp.1405-1408, 1996.
- [2] Yoshinada H., et al: “Development of Board Placing Robot,” The 13th ISARC Proceedings, pp.877-886, 1996.

吉瀬 裕 (Hiroshi Yoshinada)

1952 年 5 月 29 日生。1978 年東京工業大学総合理工学科修士課程修了。同年コマツ入社。以来ロボットの機構と制御の研究開発に従事。現在研究本部中央研究所第 4 研究部副部長。日本機械学会会員。(日本ロボット学会正会員)